NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

L'importance des cartes topographiques, les bases géodésiques et les méthodes de la photogrammétrie pour leur établissement rapide.

Par les Professeurs F. Kobold et H. Kasper
Institut de Géodésie et de Photogrammétrie
Ecole Polytechnique Fédérale
Zurich, Suisse

1. L'importance des cartes et des plans géographiques.

Les cartes et les plans géographiques sont indispensables pour toute activité technique ayant un rapport quelconque avec les particularités naturelles de la surface terrestre. Ils donnent une image abstraite de cette surface, et non pas une impression directe comme le font les vues photographiques aériennes. Les cartes et les plans se distinguent des vues photographiques aériennes par les caractéristiques suivantes :

- Une carte ou un plan ne reproduit pas simplement les particularités de la surface terrestre visible sur la vue aérienne, mais en donne une sélection judicieuse, en caractérisant les objets et en montrant l'importance de chacun d'eux par le mode de représentation. Alors que dans la vue aérienne, il n'est par exemple pas possible de distinguer un ruisseau d'un chemin, la carte renseigne exactement à ce sujet. Sur la carte figurent en outre des objets qui ne sont pas visibles sur la photographie aérienne, par exemple des routes et des chemins en forêt.

- Les cartes et les plans rendend exactement les distances horizontales, ce qui n'est pas le cas de la photographie, sur laquelle il ne faut en général pas faire de mesures linéaires.

- Les cartes et les plans donnent aussi des indications sur les altitudes et sur le relief du terrain, ce qui n'est point les cas de la photographie.

La prise de vues aériennes d'une région peut être considérée comme une première exploration cartographique. Dans certains cas, les vues suffisent à donner une idée générale d'une contrée, et elles fournissent souvent des informations précieuses sur des particularités du terrain. On appelle interprétation des photos aériennes cette exploitation générale. Ce n'est toutefois que la carte ou le plan qui assurera, conjointement avec l'interprétation de photograp hies aériennes, une connaissance du terrain suffisante pour l'exécution de projets techniques. Plus l'échelle est grande, plus il est possible de donner des détails sur le terrain et ses particularités naturelles ou artificielles. Inversément, l'aspect général et les grands ensembles sont d'autant mieux mis en valeur que l'échelle est plus petite. On parle de cartes lorsque l'échelle de la représentation cartographique du terrain est inférieure à 1 : 10 000, et de plans quand elle est plus grande.

a) Cartes géographiques

Echelles : 1 : 20 000 1 : 50 000 1 : 100 000.

Le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau. Les équidistances sont de 10 mètres pour l'échelle 1 : 20 000, 20 mètres pour 1 : 50 000 et 50 mètres pour 1 : 100 000. Les cartes géographiques servent à :

i) la représentation synoptique du terrain lui-même ou de données en rapport avec celui-ci, par exemple la densité de la population, l'habitation, les voies de communication, les forêts, la géologie, l'hydrologie, les types de sol, l'irrigation.

ii) l'étude générale de projets techniques de tous genres, tels que routes et voies ferrées, systèmes d'irrigation et de drainage, usines hydro-électriques. On dessine sur des cartes de ce genre le tracé général des ouvrages.

b) Plans

Echelles : 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000,
1 : 5000, 1 : 10 000.

Selon le but visé, on renonce parfois à la représentation du relief dans les plans à très grande échelle (1 : 500 à 1 : 2000) (levés cadastraux). En revanche, les plans aux échelles 1 : 5000 et 1 : 10 000 contiennent toujours des courbes de niveau, l'équidistance étant respectivement de 5 et de 10 mètres dans la plupart des cas. En règle générale, l'équidistance est de 1 mètres pour les plans au 1 : 1000 et de 2 mètres pour ceux au 1 : 2000.

Les plans géographiques servent à :

i) représenter d'une façon claire les détails d'un

ouvrage à construire, en particulier à fixer les tracés d'axes de construction pour des routes, des voies ferrées, des canaux, et à déterminer l'emplacement le plus favorable pour les centrales et d'autres éléments importants d'ouvrages hydro-électriques.

ii) représenter des particularités telles que des canalisations, des sources, des conduites aériennes ou souterraines et des ouvrages de tout genre.

Les cartes et les plans sont l'une des bases les plus importantes pour la mise en valeur économique et technique d'un territoire et l'utilisation du sol pour l'agriculture. Sans une étude très exacte du terrain à l'aide de vues aériennes, de cartes et de plans, il n'est pas possible de trouver pour un projet technique la solution la meilleure par rapport aux conditions topographiques.

c) Bases géodésiques

Pour le jalonnement de certains ouvrages sur le terrain, par exemples de galeries pour des ouvrages hydro-électriques, les cartes et les plans ne suffisent pas comme base topographique. Des points fixes doivent être établis sur le terrain, à des intervalles allant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres, et avec une précision de quelques centimètres. Dans les régions où l'on peut prévoir des travaux futurs, il faut donc non seulement lever des cartes et des plans, mais encore observer et calculer un réseau de points fixes.

2. La méthode du levé photogrammétrique

Cette méthode consiste à dessiner des cartes et des plans précis en partant de vues aériennes, à l'aide d'appareils de restitution. Elle a de plus en plus remplacé les procédés plus anciens, qui demandent un intense travail sur le terrain. Sans la photogrammétrie, il ne serait pas possible de réaliser dans un avenir relativement proche le grand programme cartographique, dont l'exécution est urgente aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays encore en voie de développement.

Toutefois, la photogrammétrie exige elle aussi un travail sur le terrain. Il est en effet nécessaire de mesurer sur le sol des points fixes. Ces points doivent être reconnaissable sur les photographies aériennes, de façon que les vues, prises d'un avion, dont la position n'est pas connue, puissent être orientées exactement.

La densité et la précision de ces points dépendent de l'échelle des cartes et des plans. Plus l'échelle est petite

et moindre est le nombre des points nécessaires. Le degré d'exactitude doit être choisi au moins de manière telle que les points reportés sur le plan ou la carte puissent être considérés comme pratiquement exacts. Il est aujourd'hui facile d'arriver à une grande exactitude, et il faut d'autant plus y tendre que ces points devraient servir non seulement à l'établissement de cartes, mais éventuellement, par la suite, à d'autres buts. Pour une carte à l'échelle 1 : 50 000 ou 1 : 100 000, on déterminera tous les 30 kilomètres un groupe de points avec une exactitude d'environ 1 mètre. Si l'on veut en revanche faire un plan à l'échelle 1 : 2000, les distances entre les groupes de points ne devraient pas dépasser 3 kilomètres, et la précision devrait être d'environ 5 cm.

3. Méthodes pour déterminer les points géodésiques

a) Méthodes astronomiques

Des observations d'étoiles servent à la détermination de la latitude et de la longitude d'un point, ainsi que de l'azimut d'un point à un autre. Ces méthodes sont longues et difficiles et n'entrent en considération que pour quelques points principaux d'un réseau. Même avec des observations très exactes, de grands écarts entre la position calculée et le point réel sont possibles.

b) Mesures de distances et d'angles

La mesure directe de distances avec des lattes, des rubans et des fils n'entre plus qu'exceptionnellement en ligne de compte. Pour mesurer rapidement et avec précision des distances allant de quelques centaines de mètres à 40 kilomètres, les appareils électroniques développés au cours de ces dernières années ont fait leurs preuves. On arrive à une précision de moins d'un décimètre pour des distances atteignant 40 kilomètres.

Pour mesurer les angles, on utilise le théodolite. Ces théodolites de haute précision permettent aujourd'hui une exactitude d'une seconde. Ainsi donc, la précision relative est à peu près la même pour les distances et pour les angles.

c) Triangulation

Le procédé de la triangulation consiste à mesurer une distance, puis à déterminer tous les points du réseau uniquement par les angles. La triangulation est le moyen classique et elle atteind une exactitude assez grande, mais exige un gros travail et présente des difficultés en terrain plat ou très couvert.

d) Trilatération

Dans le procédé de la trilatération, on ne mesure que des distances. Cette méthode, qui n'est possible que depuis

l'introduction des appareils électroniques, atteint le même degré d'exactitude que la triangulation. De même que pour celle-ci, l'établissement d'un bon réseau de trilatération peut être difficile selon la nature du terrain.

e) Procédés combinés

L'expérience de ces dernières années a montrée que c'était en combinant la mesure des distances et celle des angles que l'on parvenait à établier le plus rapidement des bases géodésiques utilisables. Là aussi, il est possible d'utiliser des réseau de triangles, mais souvent on se contente de cheminements assez denses.

f) Détermination des altitudes

C'est la combination de nivellement géométriques et trigonométriques qui aboutit le plus rapidement au résultat recherché.

4. Le procédé de la photogrammétrie aérienne

Pour projeter et établiser un réseau de voies de communication, mettre en valeur les ressources forestières et agricoles d'une manière intensive et dans le cadre d'un plan, exploiter les richesses du sous-sol, créer des industries, utiliser les forces hydrauliques, de même que pour les plans d'extension des villes, la construction d'ensembles d'habitations et de ports, on préparera par la méthode photogrammétrique les documents suivants :

a) Les photographies aériennes, premier élément permettant de reconnaître le terrain (interprétation photographique) et d'établir toutes les cartes et tous les plans. L'interprétation des photographies et l'établissement des cartes sera d'autant plus économique que la qualité sera meilleure.

b) Comme vue d'ensemble pour des projets généraux, des cartes à petite échelle, en particulier au 1 : 100 000, avec courbes de niveau.

c) Pour les zones les plus importantes d'un projet :

   i) Les photo-plans (mosaïques), à l'échelle 1 : 25 000;

   ii) les plans de situation à grande échelle, 1 : 10 000, avec courbes de niveau.

d) Pour les projets de détail :

   i) Les plans à courbes de niveau, au 1 : 1000 ;

   ii) levés de profils.

5. Appareils pour la prise des vues aériennes

Pour obtenir des vues aériennes de haute qualité, on construit en Suivve des appareils de prises de vue automatiques (chambres aériennes) à grand rendement.

a) Elles sont équipées :

   i) pour les prises de vues à petite échelle, d'un objectif super-grand-angulaire (angle de champ): 120°; distance focale: 9 cm) ;

   ii) pour les prises de vues à échelle moyenne et à grande échelle, d'un objectif grand-angulaire (angle de champ: 90°; distance focale: 15 cm).

b) Le format standard des photographies est de 23x23 cm (9 x 9").

c) Les vues sont prises sur un film panchromatique, le plus souvent avec un filtre jaune.

d) Pour des prises de vues à petite échelle, il est recommandé d'employer des films sensibles à l'infrarouge et des filtres rouges.

6. Dispositions pour la prise de vues

a) Il est opportun d'employer des avions spéciaux, dans lesquels on peut placer simultanement les deux types de chambres.

b) Le système le plus économique et le plus simple est la prise de vue verticales.

c) Le terrain à relever est survolé en ligne droite. Les vues d'une bande de terrain survolée doivent se recouvrir à 60%, dans des cas spéciaux à 80%. Les bandes parallèles se recouvrent à 30%. Le recouvrement longitudinal des vues est réglé automatiquement.

7. Echelle des vues et hauteur de vol

Les hauteurs de vol seront choisies en fonction de l'échelle désirée pour les p hotographies.

a) Pour établir des cartes à petite échelle, ou à échelle moyenne, les échelles des photographies correspondant à la figure1sont recommandées. Cette figure indique aussi les hauteurs de vol correspondantes pour les deux types de chambres aériennes.

b) Pour les cartes à grande échelle et les profils exacts, il est indiqué de choisir les échelles des photographies conformément à la figure 2. Pour ces prises de vue, on n'utilisera que la chambre avec un angle de champ de 90°.

8. Interprétation des photographies

Pour interpréter les photographies aériennes, on emploie:

a) Des plaques diapositives sans agrandissement et des photographies normales, copiées avec compensation électronique des contrastes ombre-lumière ;

b) des agrandissements des images aériennes (jusqu'à 6 fois). L'observation est faite à l'aide de stéréoscopes grossissants à miroirs, permettant de voir en relief le terrain reproduit sur deux photographies voisines.

9. Etablissement de photo-plans (mosaïques)

Les assemblages sont composés, pour un terrain plat ou onduleux, à partir d'images aériennes redressées, qui sont collées les unes aux autres avec le minimum d'intervalles. Le redressement photographique est effectué dans des redresseurs spéciaux. Comme bases géodésiques de redressement, on utilise des cartes à petite échelle agrandies ou la triangulation radiale. Ce procédé s'apprend facilement et aboutit rapidement à de bons résultats.

10. Cartes à petite échelle avec courbes de niveau

a) Pour augmenter la densité du réseau des points géodésiques, on se sert de la triangulation aérienne par blocs. Elle consiste à orienter stéréoscopiquement deux photographies consécutives d'une bande de vues aériennes et à réunir des bandes de photographies en un bloc. Ce travail est effectué dans un appareil universel de restitution photogrammétrique. En Suisse, on emploie pour prises de vues avec un angle de champ très grand, l'autographe super-grand-angulaire Wild A 9 (Fig.3).

i) Les coordonnées instrumentales des points de report d'un modèle à un autre peuvent être enregistrées électriquement.

ii) Pour garantir l'identité des points de report dans les bandes de photographies voisines, on les marque sur les plaques diapositives, avant l'aérotriangulation, avec un appareil stéréoscopique pour le transport des points.

iii) Les plaques diapositives sont préparées dans un transformateur d'images, dans lequel l'influence de la courbure terrestre et la distortion résiduelle de l'objectif sont compensées optiquement.

b) Le passage à la carte, appelé la restitution, est faite de préférence dans des appareils simples. En Suisse, il existe trois types d'appareils de ce genre: les aviographes Wild B 8 et B 9 et le PG 2 de Kern.

11. Etablissement de plans à grand échelle

Les procédés sont généralement connus. Voici l'exactitude moyenne des altitudes qui peut être réalisée en terrain non boisé:

± 1/10 000 de la hauteur de vol pour des points signalisés ;

± 2/10 000 de la hauteur de vol pour des points du terrain bien définis ;

± 3/10 000 de la hauteur de vol pour des courbes de niveau.

Pour les échelles des prises de vue recommandées dans la figure, l'exactitude de la situation correspond à l'exactitude normale du dessin.

12. Levé des profils - Enregistrement automatique

Pour des travaux d'ingénieur, la mesure des profils en long et en travers est en général préférable à un plan avec courbes de niveau. Pour lever les profils, on emploie des instruments, appelés profiloscopes, que l'on adapte aux restituteurs photogrammétriques. Ils permettent de lever les profils par points. Les données du profil sont enregistrées électriquement en clair, sur bandes ou cartes perforées.

13. Transformation automatique des données

Les coordonnées des modèles enregistrées lors de l'aérotriangulation et lors de levé photogrammétrique de profils peuvent être transformées immédiatement en coordonnées du pays ou en points de référence quelconques du profil, au moyen de bandes ou de cartes perforées.

14. Formation du personnel

La formation de personnel dirigeant soit pour les travaux photogrammétriques, soit pour l'élaboration des bases géodésiques peut avoir lieu en Suisse à l'Institut de Géodésie et de Photogrammétrie de l'Ecole Polytechnique Fédérale, à Zurich:

a) par des études complètes d'ingénieur topographe, d'une durée de 4 ans ;

b) lors de cours spéciaux organisés dans le cadre de la coopération technique internationale.

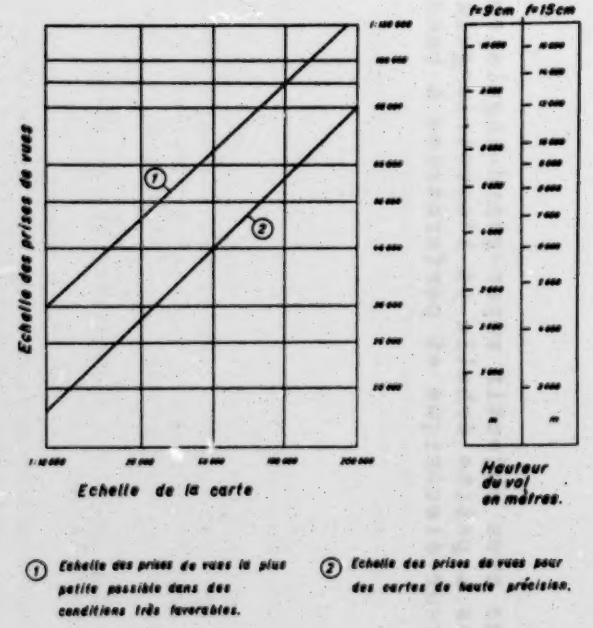
f=9cm f=15cm
Echelle des prises de vues
Echelle de la carte
Hauteur du vol en mètres.
① Echelle des prises de vues la plus petite possible dans des conditions très favorables.
② Echelle des prises de vues pour des cartes de haute précision.

Fig. 1 Graphique, montrant les relations entre l'échelle de la carte, l'échelle de la photographie et la hauteur du vol

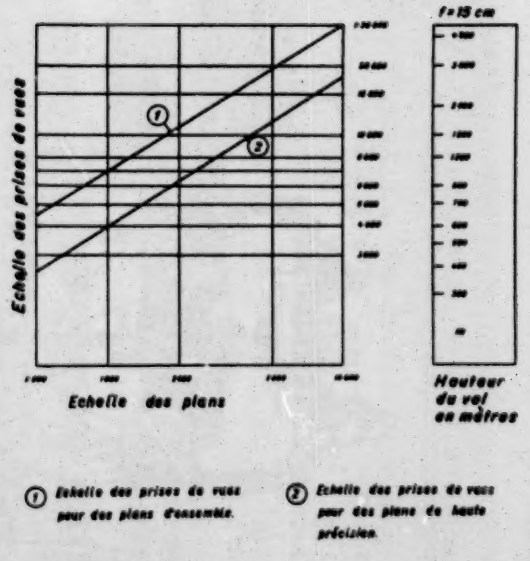
f=15 cm
Echelle des prises de vues
Echelle des plans
Hauteur du vol en mètres
① Echelle des prises de vues pour des plans d'ensemble.
② Echelle des prises de vues pour des plans de haute précision.

Fig. 2 Graphique, montrant les relations entre l'échelle du plan, l'échelle de la photographie et la hauteur du vol

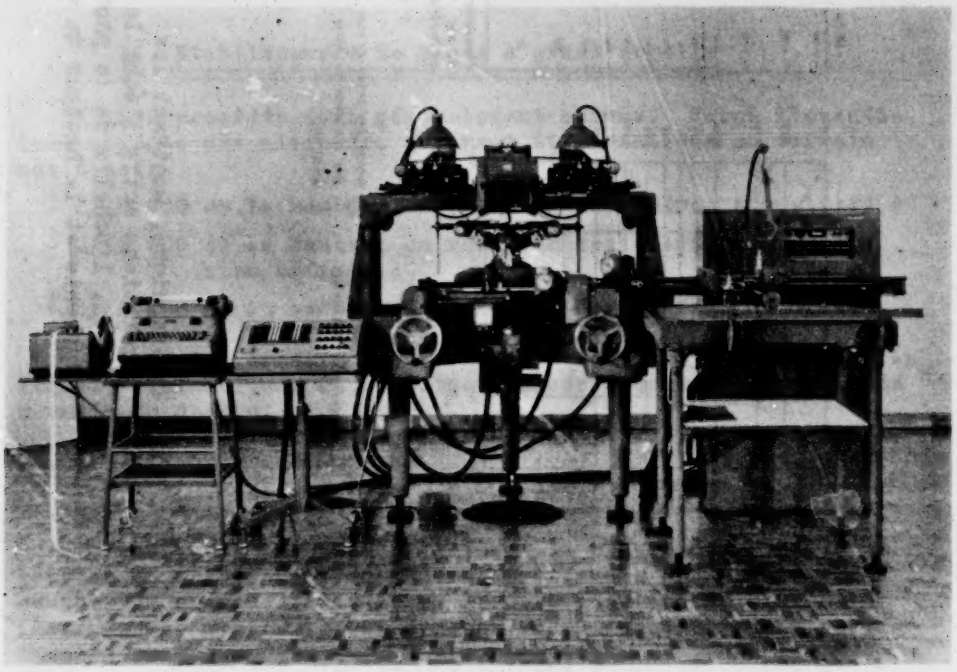

Fig. 3 Autographe avec objectif super-grand-angulaire pour des cartes à petite échelle et l'aerotriangulation, enrégistreur électrique et perforatrice à bandes

1514 F - Nov. 1962 - 1,000